

Martin WÜNSCHE¹

**CYKlickÉ TESTY A METODY ZESILOVÁNÍ DŘEVĚNÝCH STYČNÍKŮ
S RYBINOVÝM SPOJEM**

**CYCLIC TESTS AND METHODS OF REINFORCEMENT
OF DOVETAIL HALVED JOINTS**

Abstrakt

Dřevěné střešní konstrukce představují nejvýznamější příklad tradičních dřevěných konstrukcí, při jejichž studiu se musí zohlednit několik faktorů. Za prvé, že krovy prošly během staletí dlouhým vývojem a za druhé, že na vývoji střešních konstrukcí se výrazným způsobem projevila i typologie spojů. Typ spojů, jejich tuhost a únosnost výrazně ovlivňují nejen použitelnost, ale i odolnost a životnost konstrukcí, zvláště při cyklickém zatížení.

Klíčová slova

Cyklický test, dřevěný styčník, disipace energie.

Abstract

Roof timber structures represent one of the most important examples of antique wide-span structures; when studying them, several factors need considering. Firstly, roof frames have undergone a good deal of development of the structural schemes and improvement of layout along the centuries. Secondly, the evolution of structural frames involved changes in the structural behaviour and in the typology of joints. The type of joints, their stiffness and slip properties, considerably influence not only the serviceability and carrying resistance, but also the durability and the lifetime of the structures particularly under cyclic loading.

Keywords

Cyclic test, wood joint, energy dissipation.

1 ÚVOD

V konstrukcích evropských krovů existující nejčastěji dva typy spojů, a to tesařsky provedené spoje s čepy a přeplátované spoje, tzv. rybinový spoj. Z hlediska seismické kapacity a disipace energie je první uvedený typ velice náročný na jakékoli zesílení, přičemž se musí měnit koncept a funkčnost spoje, zatímco u druhého uvedeného typu tomu tak není, poměrně elegantním způsobem je možno seismickou kapacitu a disipaci energie zlepšit vhodnou úpravou tak, aby nebyl narušen koncept spoje a nebyla ani změněna povaha konstrukčního systému.

V laboratořích Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i. bylo v rámci evropského projektu Niker (New Integrated Knowledge Based approaches to the protection of cultural heritage from earthquake – induced Risk) studováno chování historických konstrukcí v seismicky aktivní oblasti. Výzkum se zaměřuje na chování zděných, stropních a střešních konstrukcí.

¹ Ing. Martin Wünsche, Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i., Prosecká 76, 190 00 Praha 9, e-mail: wunsche@itam.cas.cz.

Cílem tohoto příspěvku je studium chování nevyztuženého a následně vyztuženého spoje střešní konstrukce pomocí různých technik a jejich vzájemné porovnání.

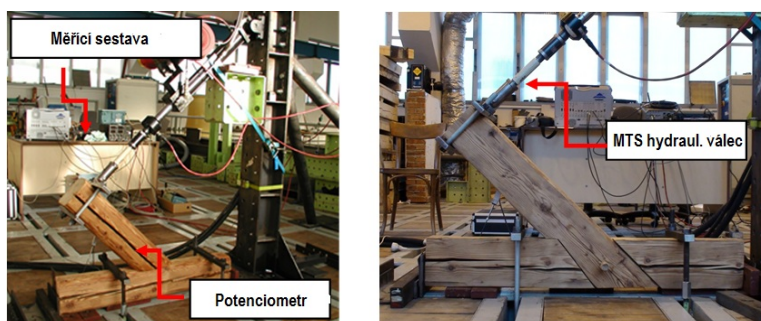
Pro účely tohoto příspěvku zahrnuje analýza výsledků srovnávací studii jednoho vybraného spoje s různými metodami vyztužení, pokud se jedná o poruchové stavy.

Experimentální studie se skládala z:

- Cyklického zatěžování dřevěných spojů a stanovení změn disipace energie.
- Studia vlivu vložené dubové a brzdové desky předepnutého styčnicku pomocí svorníku z hlediska disipace energie.

2 EXPERIMENT

Aby bylo možné lépe simulovat skutečné chování spoje bylo vytvořeno speciální zkušební zařízení, které umožnilo pseudo-statické cyklické zatěžování. Zatížení se aplikovalo pomocí servohydraulického válce MTS o výkonu 25,0 kN, který byl umístěn do ocelového rámu a pro měření posunutí se používal potenciometr Megatron SPR 18-S-100, 5k Ω , viz obr. 1.



Obr. 1: Měřicí sestava

Zkoumáním existující bibliografie a průzkumem vzorků z těchto budov se podařilo shromáždit dostatek informací k identifikaci typického materiálu, geometrii a typologii jednotlivých konstrukčních prvků.

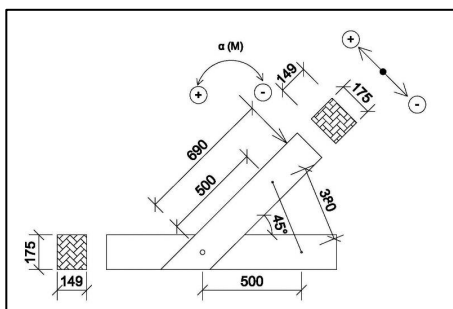
Byly použity materiály z několik set let starého dřeva. Dřevo nebylo napadeno dřevokaznými škůdci a nevykazovalo ani jiné poruchy, kromě typických výsušných trhlin, které se objevují při změně vlhkosti po dobu životnosti stavby.

Pro účely testů byl proveden zkušební vzorek s rozměry:

horizontální prvek 150×175 mm

šikmý prvek 150×175 mm

Prvky svíraly úhel 45 stupňů. Síla působila ve vzdálenosti 690 mm od průřezu os obou dřevěných prvků, viz obr. 2.



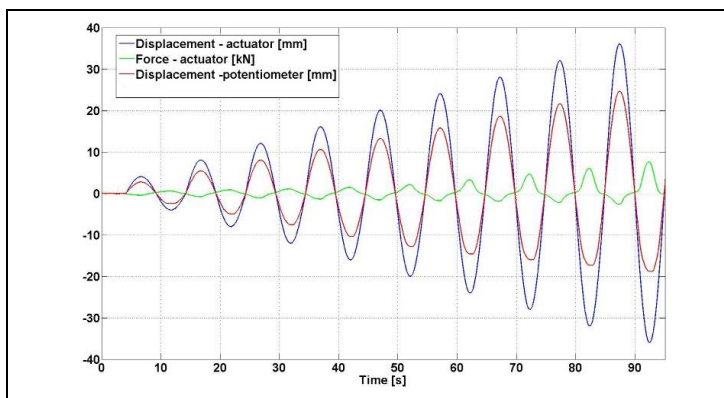
Obr. 2: Geometrie spoje

2.1 Testovací procedura

První soubor testů se provedl na nevyztuženém vzorku. Cílem této první série testů bylo dovést vzorek k takovému poškození, které by bylo dále opravitelné. Následně byl vzorek zesílen určitou technikou, viz dále.

Druhá sada testů se prováděla na zesíleném vzorku. Zatěžovací proces byl stejný jako v první sérii.

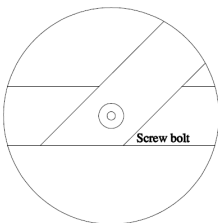

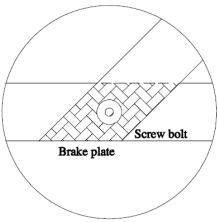

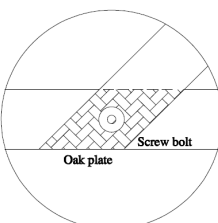
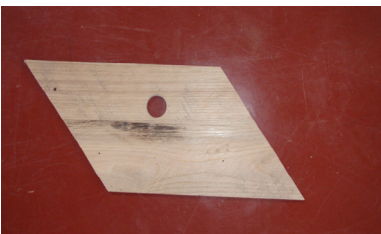
Schéma průběhu zatěžování je uvedeno na obrázku 3.



Obr. 3: Schéma zatěžování vzorků

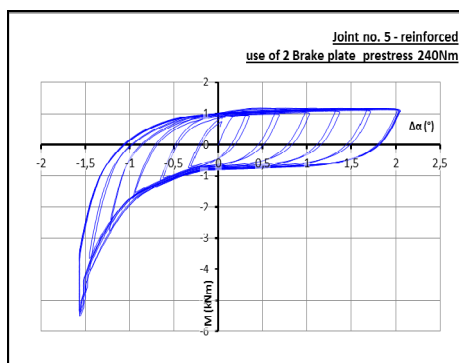
2.2 Zkušební vzorky a typy vyztužení

Tab. 1: Přehled použitých typů vyztužení

Schéma	Zobrazení	Popis
		Vložení ocelového svorníku a jeho předepnutí pomocí momentového klíče. 1. test: 90Nm 2. test: 115Nm
		Zesílení kombinací předepnutého svorníku a vložených brzdových destiček: předepnutí 90 Nm předepnutí 115 Nm předepnutí 240 Nm
		Zesílení kombinací předepnutého svorníku a vložených dubových destiček: předepnutí 90 Nm předepnutí 115 Nm předepnutí 170 Nm

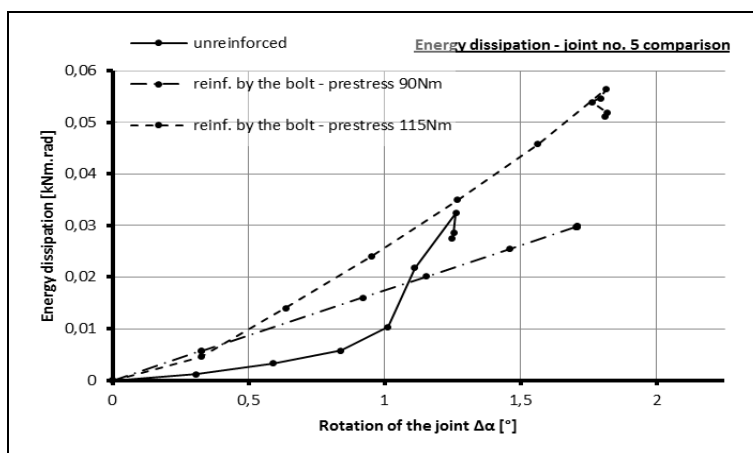
4 VÝSLEDKY

Během procesu zkoušky byly zaznamenávány veličiny posunutí válce a natočení v místě spojení dvou dřevěných elementů. Pomocí programu MATLAB byl vytvořen algoritmus, na jehož základě byly vytvořeny hysterezní křivky (závislost moment/natočení). Plocha jedné uzavřené smyčky pro jeden cyklus vyjadřuje množství disipované energie. Pro názornost je v tomto příspěvku ukázána hysterezní křivka při použití předepnutého styčníku na 240 Nm s použitím brzdových destiček, viz obr. 4.



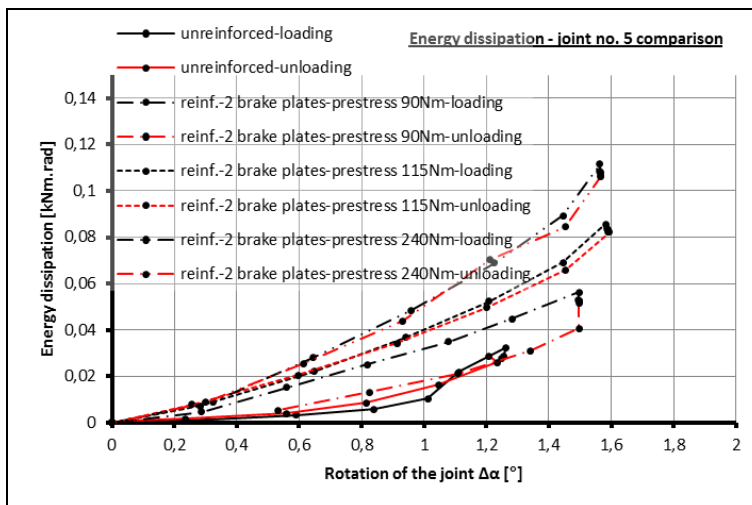
Obr. 4: Hysterezní křivka

Na základě vypočtených ploch byla vynesena závislost jednotlivých zesílení do grafu, viz obr. 5, obr. 6 a obr. 7.



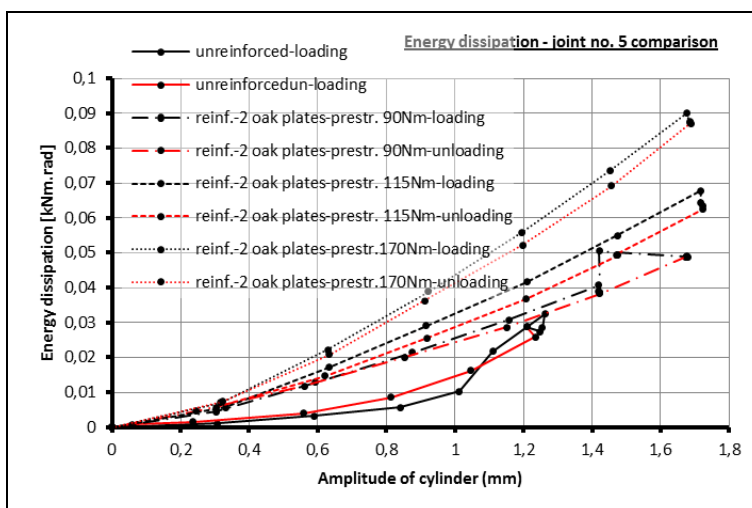
Obr. 5: Disipace energie jako funkce rotace pro zesílení pomocí předepnutých svorníků

V prvním případě vyztužení byly použity pouze přednuté svorníky, které byly přednuty v několika variantách, viz Tab.1. Graf jasně ukazuje, že existuje přímý vztah mezi disipací energie a předpětím. Ukazuje se jasná závislost, která říká, že čím větší předpětí je, tím větší je i disipace energie.



Obr. 6: Disipace energie jako funkce rotace pro zesílení pomocí kombinace předepnutých svorníků a brzdových destiček

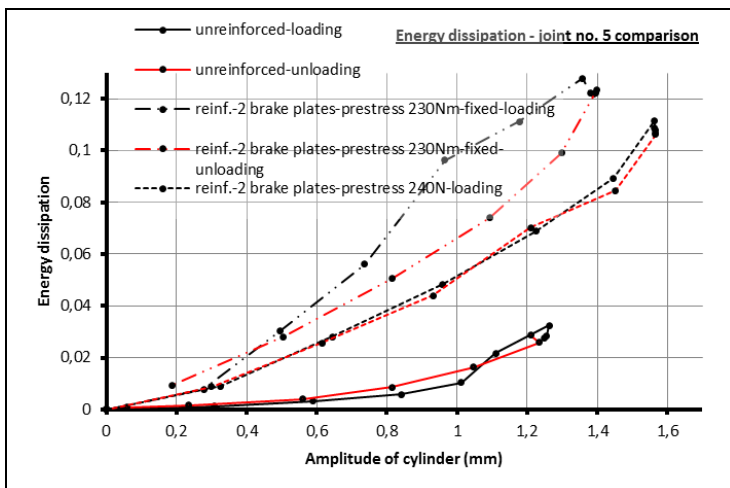
Po první sérii testů s nutýmie energie závisí na hodnotě předpětí. Tento druh zesílení je ovlivněn pouze tlakovou deformací dřevěných prvků.



Obr. 6: Disipace energie jako funkce rotace pro zesílení pomocí kombinace předepnutých svorníků a dubových destiček

V další variantě, byly nahrazeny brzdové desky dubovými destičkami. Z grafů je vidět, že použití dubových destiček je ve srovnání s brzdovými destičkami horší, nicméně stejně dobře použitelné a aplikovatelné na konstrukci.

Pro detailní zkoumání chování styčníků byla vytvořena ještě jedna varianta styčniku s brzdovými destičkami. V předešlých spojích byly destičky volně uloženy a v této variantě byly připojeny k plochám styčníků pomocí vrutů a předepnuty na 230 Nm.



Obr. 7: Disipace energie jako funkce rotace pro porovnání volně uložených a pevně přichycených brzdových destiček

Z provedených srovnání vyplývá, že jako nejlepší zesílení se jeví použití brzdových destiček, které jsou pevně přichyceny na obou plochách styku dřevěných prvků. Míra předeptnutí svorníku aplikovaná pomocí momentového klíče je závislá na tlakové deformaci dřevěných prvků, tzn. otlačení dřeva. Velkou výhodou takto vkládaných frikčních elementů je skutečnost, že nenarušují estetickou hodnotu dřevěné konstrukce.

3 ZÁVĚR

Článek pojednával o možnostech zesilování historických dřevěných spojů, které musejí splňovat kritéria použitelnosti a také estetické náročnosti. Srovnává rovněž možné aplikačně nejjednodušší principy zesilování takovýchto konstrukcí. Z předložených grafů je rovněž patrné, které zesílení je nejúčinnější z hlediska disipace energie.

PODĚKOVÁNÍ

Výzkum byl proveden v rámci evropského projektu Niker (New Integrated Knowledge Based approaches to the protection of cultural heritage from earthquake – induced Risk), který se zaměřuje chování historických konstrukcí v seizmicky aktivní oblasti. Výzkum se zaměřuje na chování zděných, stropních a střešních konstrukcí. Tímto bych chtěl poděkovat Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR v.v.i. za poskytnutí potřebných materiálů pro napsání tohoto článku.

LITERATURA

- [1] DRDÁČKÝ, M., MLÁZOVSKÝ, V., RŮŽIČKA, P. (2004). Historic Carpentry in Europe: Discoveries and Potential. APT Bulletin: The Journal of Preservation Technology, Vol. XXXV (2-3):33-41.
- [2] DRDÁČKÝ, M. F., WALD, F., MAREŠ, J. (1999). Modeling of real historic timber joints. In Proc. of the STREMAH 99 Sixth International Conference Structural Studies of Historical Buildings, pp.169-178. Dresden, Germany.

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Petr Kuklík, CSc., Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí, Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze.

Doc. Ing. Bohumil Straka, CSc., Ústav kovových a dřevěných konstrukcí, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně.